

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**“IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS MEDIANTE
INGENIERÍA CONCURRENTE”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA

MISSAEL ABRAHAM CASTAÑEDA GONZALEZ

DIRECTOR

DR. PAUL ADOLFO TABOADA GONZÁLEZ

CODIRECTOR

DRA. QUETZALLI AGUILAR VIRGEN

TIJUANA, B. C.

Junio de 2019

ÍNDICE

Contents

1.	INTRODUCCIÓN	7
1.1.	Antecedentes	7
1.2.	Planteamiento del problema.....	10
1.3.	Objetivo general	11
1.4.	Objetivos específicos	11
1.5.	Hipótesis:	12
1.1.	Delimitación del estudio	12
1.2.	Justificación	12
2.	MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.	La ingeniería concurrente	15
2.2.	Metodologías propuestas para aplicar la Ingeniería Concurrente.	16
2.2.1.	Modelo de aplicación al diseño de producto	17
2.2.2.	Metodología Producto/Proceso basada en IC.....	18
2.2.3.	Metodología PACE.....	19
2.2.4.	Diseño mecánico bajo el enfoque concurrente	20
3.	METODOLOGÍA.....	21
3.1.	Etapa 1	23
3.1.1.	Presentación de la IC	23

3.1.2.	Revisión de la dirección y Diagnostico.....	24
3.2.	Etapa 2	25
3.2.1.	Prueba piloto.....	25
3.3.	Etapa 2	26
3.3.1.	Prueba piloto.....	26
3.3.2.	Selección de proyecto	27
3.3.3.	Desarrollo, Planeación y Documentación del producto.....	27
3.3.4.	Verificación previa a implementación o Corrida Piloto	29
3.3.5.	Ejecución del proyecto o Implementación	30
3.3.6.	Validación y mejora	30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	Etapa 1	32
4.1.1.	Presentación de la IC	32
4.1.2.	Revisión de la dirección y Diagnostico.....	35
4.2.	Etapa 2	40
4.2.1.	Prueba piloto.....	40
4.2.2.	Selección de proyecto	41
4.2.3.	Desarrollo, Planeación y Documentación del producto.....	41
4.2.4.	Verificación previa a implementación	49
4.2.5.	Ejecución del proyecto o Implementación	50

4.2.6. Validación y mejora.....	51
5. CONCLUSIONES	55
6. REFERENCIAS.....	56

RESUMEN

Las necesidades del mercado evolucionan y cambian de una forma acelerada. Para permanecer en el mercado las industrias optan por emplear medidas de desarrollo y optimización de sus recursos que permitan ofrecer productos de calidad a precios competitivos. Sin embargo, la supervivencia organizativa y el crecimiento a largo plazo dependen de la introducción y el desarrollo de nuevos productos. La Ingeniería Concurrente (IC) surge como una propuesta para para la reducción y control de las problemáticas del desarrollo e implementación de los nuevos productos.

La IC es una metodología de trabajo que tiene como objetivo proporcionar un entorno de colaboración basado en el intercambio de conjunto de datos donde todas las partes involucradas trabajan simultáneamente para desarrollar nuevos productos. Los beneficios de la implementación de IC son múltiples y enfocados en ahorros de costos, sin embargo, la evidencia ha demostrado que las organizaciones rara vez logran las ventajas que ofrecen las prácticas de la IC. Esto se atribuye a la complejidad del manejo y transmisión de información y a que el concepto de IC es vago en términos de elementos centrales. Este documento expone una modelo para el desarrollo e implementación de nuevos productos (DINP) basado en la metodología de IC. El modelo se implementó en una empresa maquiladora textil situada al norte del país en frontera con los Estados Unidos, la cual trabaja mediante un sistema de trabajo lineal y tiene un elevado índice de rechazo en la implementación de nuevos productos.

ABSTRACT

The needs of the market evolve and change in an accelerated way. To stay in the market, industries choose to use measures to develop and optimize their resources that allow them to offer quality products at competitive prices. However, organizational survival and long-term growth depend on the introduction and development of new products. The Concurrent Engineering (CE) emerges as a proposal for the reduction and control of the problems of the development and implementation of the new products.

The CE is a work methodology that aims to provide a collaborative environment based on the exchange of data sets where all the parties involved work simultaneously to develop new products. The benefits of CE implementation are multiple and focused on cost savings, however, evidence has shown that organizations rarely achieve the advantages offered by the CE practices. This is attributed to the complexity of the handling and transmission of information and to the fact that the concept of CE is vague in terms of central elements. This document presents a model for the Development and Implementation of New Products (DINP) based on the CE methodology. The model was implemented in a textile maquiladora company located in the north of the country on the border with the United States, which works through a linear work system and has a high rejection rate in the implementation of new products.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La competitividad a largo plazo de las empresas presiona a los fabricantes para que produzcan nuevos productos con mayor calidad, menor costo y menor tiempo de entrega. Esto se debe a que la supervivencia organizativa y el crecimiento a largo plazo dependen de la introducción y el desarrollo de nuevos productos. [1].

En definiciones generales la calidad es el cumplimiento de las características de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del cliente [2]. Sin embargo, debido a los acelerados cambios en el mercado y la diversificación de competidores las empresas buscan mejorar sus procesos y productos para disminuir los costos finales del producto con la mejor calidad posible. Cantú [3] afirma que en la actualidad la empresa con mejor calidad es la que ofrece el mejor precio para sus productos.

Se expone que del costo final de un producto, desde que se comienza su fabricación hasta que se entrega y se vende, es probable que un tercio sea derroche [4]. Algunos autores [5,6] definen los costos de derroche como aquellos derivados de los errores en el proceso de fabricación hasta antes del envío del producto, por ejemplo, re-trabajos, reprocesos, desperdicios no esperados, rechazos, desviaciones o anomalías.

Juran [4] indica que los Costos de Derroche se pueden clasificar en problemas crónicos y esporádicos. Un problema esporádico es un cambio repentino y adverso en el statu quo que debe remediarse mediante la restauración de tal statu quo, por ejemplo,

cambiar una sustancia química reactiva agotada. Un problema crónico es una situación adversa de larga duración, que se soluciona mediante el cambio del statu quo.

En las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME) la mayor parte de los Costos de Derroche se deben a causa de problemas crónicos, puesto que, utilizan un enfoque tradicional, mejor conocido como Ingeniería Secuencial (IS). Bajo este enfoque, cada fase del proceso se desarrolla de forma consecutiva, de modo que cada etapa de la secuencia no se inicia hasta que no ha concluido la anterior. Si durante el proceso se detecta algún error se retrocede hasta la etapa correspondiente para subsanarlo [7]. En teoría un producto puede fluir en una organización de un departamento a otro y de ahí directamente al mercado, pero en la práctica, comúnmente se presentan dificultades y se desperdician recursos.

En la actualidad, se ha modificado el concepto de desarrollo y ha introducido nuevos desafíos en los factores tradicionales de producción y cambio social. Con el fin de adaptarse y ser exitosas en este entorno, las empresas capaces de dejar de trabajar en forma lineal podrán prosperar en un mundo donde solo las ideas no lineales crearán nueva riqueza [8].

El enfoque de Ingeniería Concurrente (IC) es una metodología opuesta a la Ingeniería Secuencial. La IC enfatiza el trabajo de equipos multidisciplinarios en el diseño y planificación del producto, minimizando los Costos de Derroche y facilitando la implementación de los nuevos productos en las líneas de producción. La IC es un enfoque sistemático para el diseño integrado y concurrente de productos y sus procesos relacionados, incluida la fabricación y el soporte [9]. El propósito es simplificar el desarrollo del producto o el proceso de realización del producto desde los requisitos del

cliente hasta los soportes de campo [10]. Se considera, desde el primer momento, todos los factores que afectan al producto a lo largo de su ciclo de vida (desde su concepción hasta su retirada), incluyendo calidad, costos, plazos y requerimientos de usuario [11].

La IC convierte el ciclo de vida de los productos elaborados de forma secuencial al proceso paralelo y aborda simultáneamente todos los aspectos influyentes de un producto [12]. Como cualquier filosofía de mejora, su objetivo es la reducción del tiempo de ciclo de los procesos, la eliminación de reprocesos y errores, la estandarización de actividades, la optimización de recursos, entre otros aspectos, con el fin de impactar positivamente en la satisfacción del cliente [8].

Ya que el éxito de un producto depende en gran medida de la administración del proceso de diseño, la IC involucra desde el diseño del producto a los diferentes departamentos del ciclo de manufactura del producto, con el fin de distinguir y eliminar los posibles problemas que se pudieran presentar al incorporar los nuevos productos a las líneas de producción.

Es indispensable una actitud de participación, involucramiento y colaboración de todos los integrantes de la empresa, así como un cambio en los estilos de toma de decisiones con base en el consenso [3]. También se requiere definir el trabajo en equipo como uno de los pilares culturales del cambio organizacional hacia la competitividad.

1.2. Planteamiento del problema

Este estudio se desarrolla en la empresa MXN (se omite nombre por confidencialidad) la cual trabaja bajo el sistema de Ingeniería Secuencial. El ciclo inicia en la etapa de diseño del producto y no existe ninguna interacción entre los departamentos hasta la etapa de envíos si se encuentra próxima la fecha de entrega del producto y no ha recibido la producción.

La aparente similitud entre los productos provoca un pensamiento simplista que resta importancia al desarrollo total de los mismos. Esto conduce a tiempos muy cortos de desarrollo y fechas prematuras de entrega de los productos. Sin un proceso adecuado para el desarrollo e implementación de los nuevos productos se obtienen diseños carentes de asertividad con respecto al proceso, dando como resultado productos de construcción muy compleja y problemáticas no previstas en el proceso en la etapa de diseño.

Los problemas no previstos en la etapa de diseño, afectan significativamente la calidad final de la producción. Esto se refleja en adaptaciones en los procesos de producción, que son detectadas por el departamento de calidad y retornadas por no cumplir las características indicadas. Esta práctica refleja hasta un 28% de re-trabajos de la producción no conforme, dando como consecuencia retrasos en la fecha de entrega al cliente y sobreuso de recursos. Además, se generan problemas crónicos puesto que los cambios no son documentados y al pasar del tiempo son olvidados dando como consecuencia que al presentarse nuevamente los productos se tengan los mismos costos extras por realizar el producto con la información incorrecta.

Cada proyecto tiene sus imprevistos causados por la falta de comunicación. Esto se debe a que se maneja cada departamento como una etapa independiente en el proceso y no como un sistema de trabajo conjunto, esto ocasionando los siguientes problemas:

- Retrasos en las fechas de entrega acordada con el cliente.
- Sobre uso de materiales por re-trabajos o falta de optimización de los procesos.
- Diseños poco robustos y de alto nivel de complejidad
- Modificaciones individuales en proceso que afectan futuras etapas del proceso
- Ausencia de materia prima para las fechas estimadas.
- Cotizaciones y predicciones no realistas
- Saturación y una planificación inadecuada de los proyectos.

1.3. Objetivo general

Reducir las devoluciones por rechazos de calidad mediante la implementación de ingeniería concurrente en los nuevos productos de una empresa maquiladora textil para incrementar la competitividad.

1.4. Objetivos específicos

- Investigar las metodologías sobre la Ingeniería Concurrente, sus formas de implementación y resultados obtenidos
- Comparar las metodologías consultadas.
- Seleccionar una metodología que permita elevar la calidad de los productos, enfocada en la disminución de defectos en manufactura y la fácil implementación de los nuevos productos (Ingeniería concurrente).

- Desarrollar proyecto piloto con implementación de IC.
- Implementar la metodología seleccionada en un proyecto nuevo.
- Evaluar la metodología mediante la comparación de resultados.

1.5. Hipótesis:

Se espera que al trabajar de forma concurrente con los demás departamentos el índice de rechazo de 28% se logre disminuir por lo menos un 5%,

1.1. Delimitación del estudio

Cada empresa tiene sus propias características de operación. Por ello, el modelo para la implementación de IC será ajustado a las necesidades y alcances de la empresa maquiladora MXN. En esta empresa, los productos se elaboran a partir de especificaciones previamente definidos por sus clientes, por lo que su participación se limita al diseño y manufactura de sus productos.

En este estudio se desarrollará el producto de manera concurrente, desde la etapa de diseño hasta la implementación. Con ello se busca optimizar los recursos y reducir los eventos que retrasen o desperdicien recursos en su producción.

1.2. Justificación

La empresa MXN tiene pérdidas elevadas por mala planificación y falta de seguimiento de procesos para la implementación de sus nuevos productos. La problemática se refleja en el índice de rechazo de la implementación, que es aproximada al 75% y en las quejas del cliente. Esto genera un incremento en los costos de producción debido a los ajustes y las adaptaciones del diseño y sus procesos para el cumplimiento de la producción en la fecha pactada por el cliente.

Trabajar bajo el enfoque integrado o concurrente no solo optimiza el uso de recursos, también elimina los largos tiempos de desarrollo y diversos problemas de calidad resultantes de la falta de comunicación y comprensión de los diferentes diseños de productos, su fabricación y, sobre todo, los requisitos del cliente [13]. Por ello, para el desarrollo del proyecto se empleará un modelo integrador desde la etapa de diseño. Este enfoque se emplea porque se coincide con Gutiérrez [14] en que los niveles elevados de calidad solo pueden lograrse -en términos económicos-, en las fases de diseño. Esto por ser la de menor costo y de mayor impacto en el ciclo de producción.

2. MARCO TEÓRICO

Cuando se considera el costo total de un nuevo producto, el 80% del costo se invierte en las primeras etapas del proceso [15,16]. Los cambios de diseño puede afectar la productividad hasta un 24% y el tiempo de entrega hasta 44%[17], el porcentaje depende directamente del avance del proyecto ocasionando que los costos por ajuste incrementen exponencialmente[16] La figura 1 muestra cómo se incrementa el costo del producto en función de la etapa en la que se realice algún ajuste o cambio.



Figura 1. Costo del producto por ajustes

Fuente. Elaboración propia a partir de Juran [4]

Las primeras etapas son las de menor costo y las de mayor impacto a lo largo del proyecto. Por este motivo, las decisiones que se toman deben ser correctas dado que cualquier ajuste a lo largo del proyecto significa un incremento exponencial en los gastos. Para minimizar estos ajustes y mejorar la calidad del producto es necesario involucrar desde el diseño a todos los involucrados en un enfoque integrado para alcanzar este objetivo [18].

2.1. La ingeniería concurrente

La metodología de IC promueve el trabajo en paralelo de equipos multidisciplinarios. Utiliza un enfoque colaborativo e integrado en todas las etapas del desarrollo del sistema de producto, procesos y organizaciones a lo largo de su ciclo de vida. [19]. El objetivo es que los desarrolladores consideren, desde el inicio del proyecto, todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde su concepción hasta su eliminación y reciclaje, incluyendo calidad, costo, planeación y requerimientos del usuario [20]. De esta forma, se establecen conexiones entre las actividades de los distintos departamentos con el fin de evitar las continuas marchas atrás del enfoque tradicional [21]. Esto permitiría que la planificación del producto comience mucho antes de que el estudio del concepto esté finalizado y la ingeniería de producto o de proceso sean conducidas en paralelo.

La IC privilegia las fases de especificación y diseño de producto, a fin de obtener una definición más completa y refinada, que reduzca la necesidad de cambios posteriores, y así racionaliza los tiempos y recursos de proyecto de diseño [22] Cuando se implementa exitosamente, los productos son fabricados de forma eficiente, con alta calidad y tienen mejor aceptación en los mercados.

El enfoque integrado propone crear un equipo multidisciplinario para el desarrollo y diseño de los nuevos productos. Esto tiene como objetivo mejorar la calidad del producto final, al diseñar el producto de manera conjunta se consideran todos los impactos sobre las decisiones del diseño del producto antes de iniciar la producción [23]. Para lograrlo, se deben incluir a los diferentes departamentos involucrados en la fabricación y venta del producto.

Juárez [24] afirma los siguientes beneficios de la implementación de la IC:

- Mejora de la calidad de los diseños que da lugar a una reducción drástica de los pedidos de cambio de ingeniería (más del 50%) en la producción inicial.
- Reducción del tiempo de ciclo de desarrollo del producto de 40-60%.
- Los costos de fabricación se reducen en un 30-40%
- El desecho y el re trabajo se reducen hasta en un 75%.
- Reducción de mantenimiento y costos de la garantía.

2.2. Metodologías propuestas para aplicar la Ingeniería Concurrente.

En términos generales la ingeniería concurrente es un enfoque aplicable según las necesidades y los alcances deseados. Las metodologías se clasifican en 3 niveles de aplicación según las metas deseadas:

- Enfocado a la integración del Diseño y el proceso, el cual consiste en mejorar un proceso a través del trabajo de equipo de los involucrados.
- Diseño Concurrente asistido por ordenador, ingeniería y métodos de fabricación, el cual consiste en apoyar la integración de diseño a través de productos y modelos de proceso y bases de datos
- Abordar completamente el ciclo de vida del producto esto incluye desde el diseño de un producto, sus procesos de fabricación y la disposición de este.

Cada proyecto donde se pueda aplicar IC es diferente, por lo que las herramientas que se requieren para implementar la metodología pueden variar. En los siguientes apartados se presentan algunos modelos empleados para la implementación de la IC.

2.2.1. Modelo de aplicación al diseño de producto

Juárez [25] propone un modelo con un enfoque sistemático, el cual comprende un trabajo concurrente desde el desarrollo del producto partiendo del concepto generado por el departamento de Marketing hasta la distribución y venta del producto.

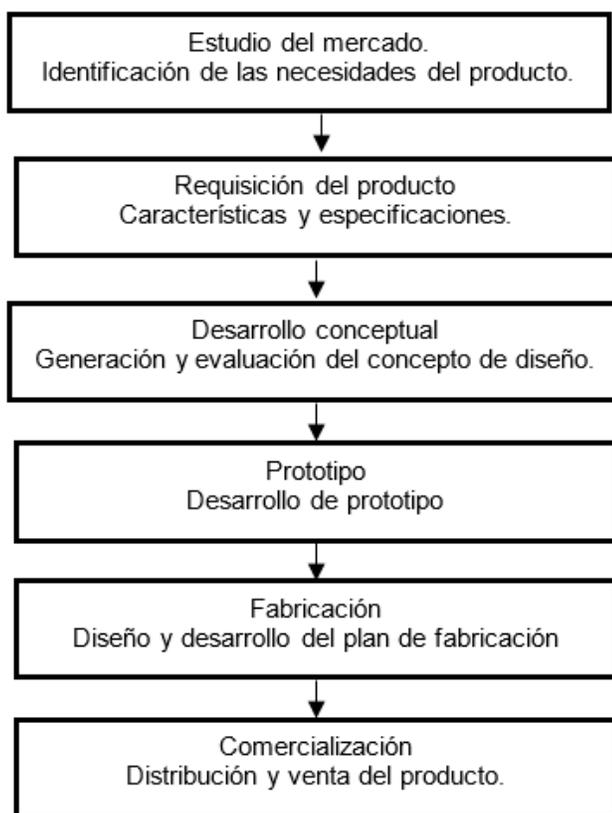


Figura 2. Modelo de aplicación al diseño de producto

Fuente. Elaboración a partir de Juárez [25]

2.2.2. Metodología Producto/Proceso basada en IC

Luna [26] afirma que para mantener una posición competitiva en el mercado es necesario la optimización del Proceso de Desarrollo de Producto (PDP), buscando la mejora en aspectos de costos, calidad y tiempo de respuesta. Para esto propone un método de implementación de la implementación de Ingeniería Concurrente (IC) para las PYME a través de las siguientes etapas.

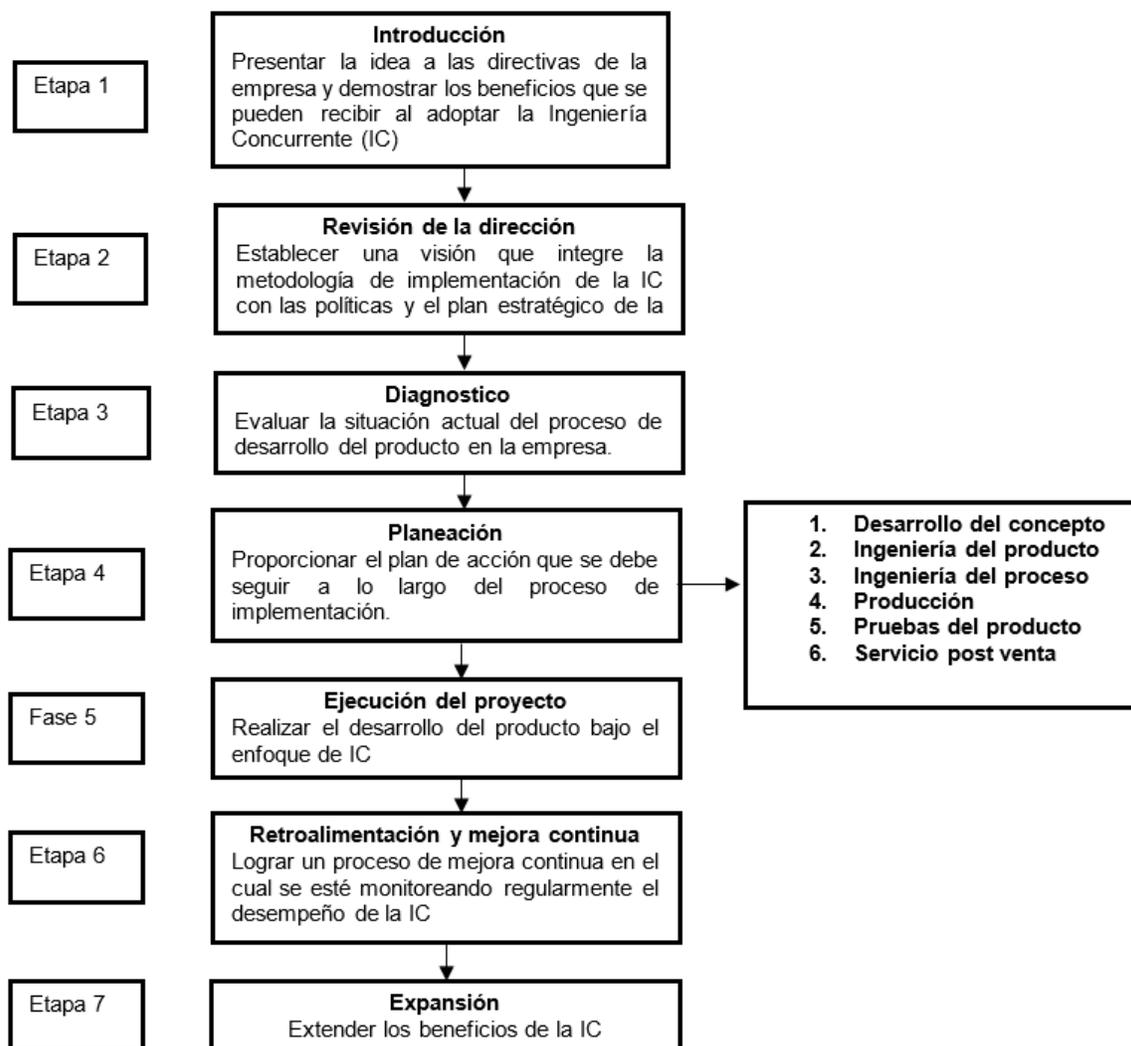


Figura 4. Metodología para mejorar la ingeniería de Producto/Proceso basada en IC

Fuente. Elaborado a partir de Luna [26]

2.2.3. Metodología PACE.

Una de las metodologías propuesta por Gómez [27] es la Metodología PACE (Enfoque práctico para la Ingeniería concurrente). Esta tiene como objetivo desarrollar y comprobar un enfoque práctico para la implantación de la ingeniería concurrente. Su desarrollo consiste en un marco de implantación de siete etapas que comprenden diversas actividades (figura 5), la cuales se centran en el producto que nace como una idea y se transforma a partir de una serie de recursos para cumplir con unos requisitos o características propias

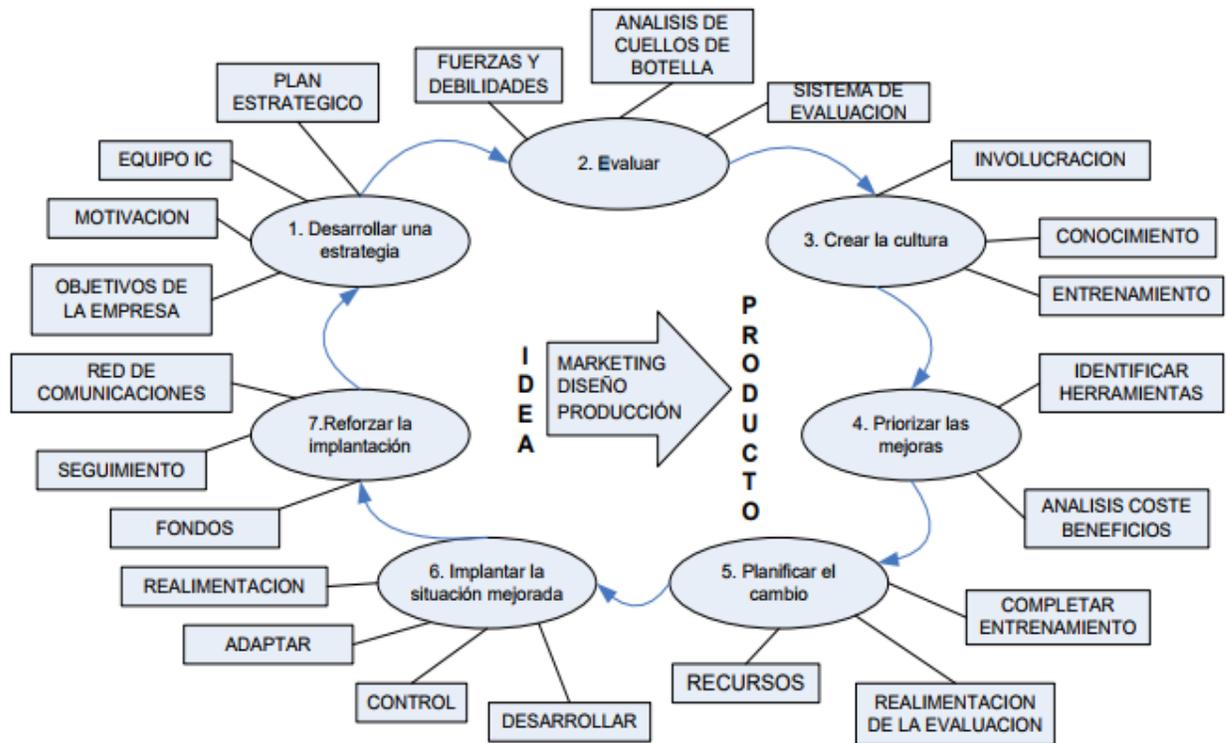


Figura 5. Modelo PACE

Fuente. Gómez [27]

2.2.4. Diseño mecánico bajo el enfoque concurrente

El modelo propuesto por Pérez [28] se centra exclusivamente en el proceso y la gestión de datos para diseño de componentes de los productos. El autor afirma que el sistema asistido por ordenador es una herramienta importante en el diseño de productos en la industria. Con la definición del modelo de producto, el sistema identifica a qué datos se debe acceder desde los archivos de datos para generar los dibujos apropiados, y qué estructura debe construirse. El uso de sistemas CAD permite disponer de un modelo geométrico del producto de manera virtual que facilita la comunicación entre los responsables del diseño y los de la fabricación del producto. Cuando los ingenieros modifican los parámetros geométricos de un producto, estos valores paramétricos se actualizan simultáneamente en la base de datos. Además, el apoyo de interfaz de la máquina mejora la eficiencia en la manipulación de rutina de la gestión de datos de ingeniería de soporte y procesos de diseño y/o rediseño (Figura 3).

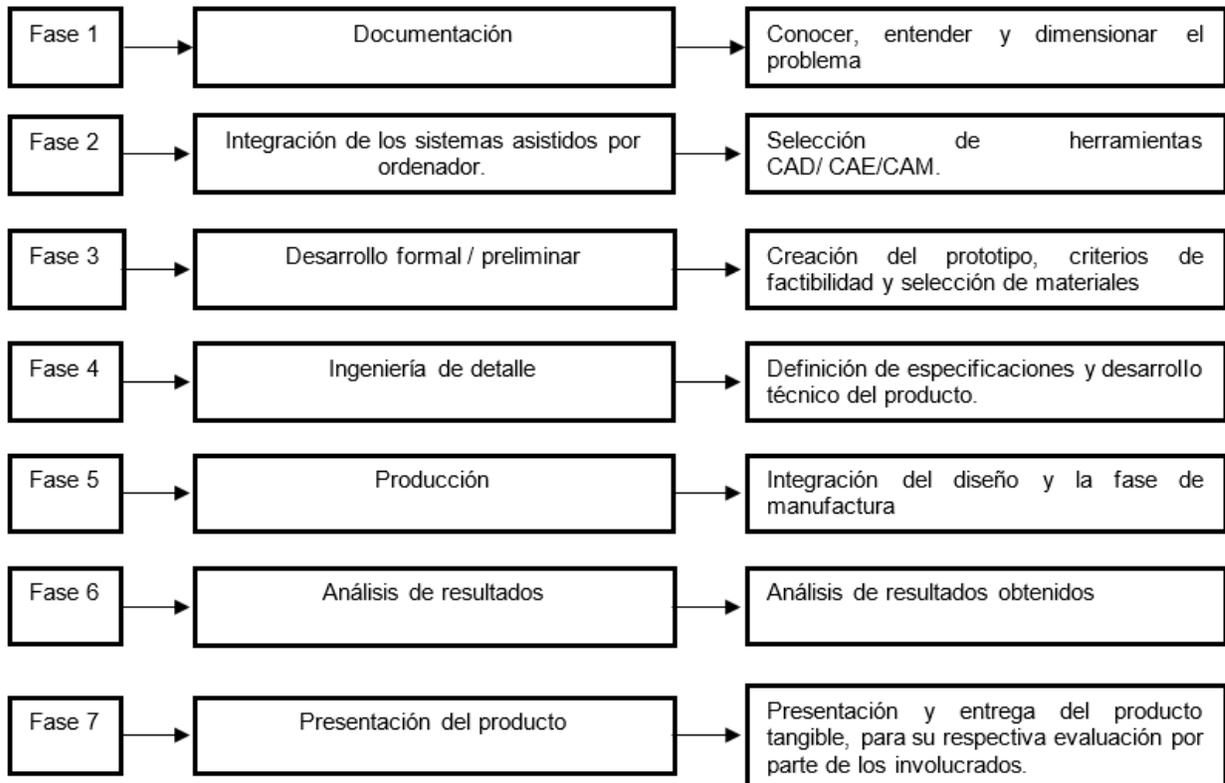


Figura 3. Modelo de proceso bajo enfoque de IC

Fuente. Elaboración propia a partir de Pérez [28]

3. METODOLOGÍA.

Para la implementación de la IC, es necesario seguir un modelo que oriente y optimice los esfuerzos de la empresa. En este estudio se compararon los modelos propuestos en la sección dos, de los cuales fue seleccionada y adaptada la metodología de Luna [26] de acuerdo a las a las necesidades y características de la empresa MXN. (ver figura 6).

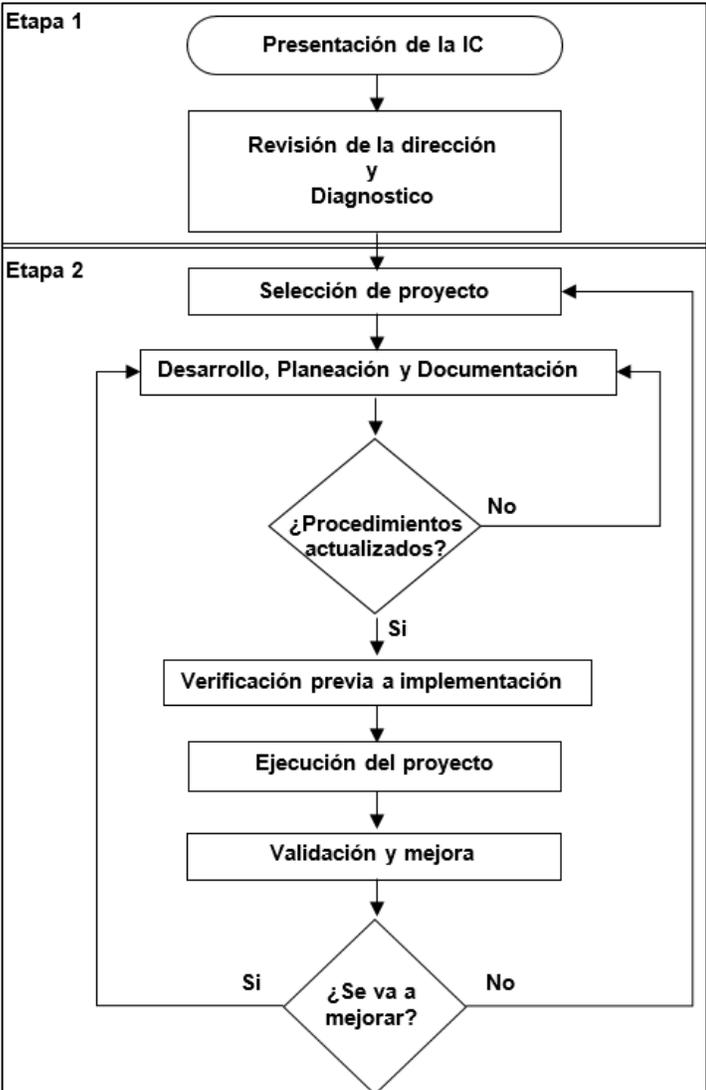


Figura 6. Modelo de Implementación de IC

Fuente. Elaborado a partir de Luna [26]

El modelo propuesto para la implementación de IC se conformó por 2 etapas. La primera versó en la justificación de la IC frente a la dirección de la empresa. La segunda

se refirió al desarrollo e implementación para los nuevos productos (DINP) bajo el enfoque de trabajo simultaneo o concurrente.

3.1. Etapa 1

Consistió en presentar la metodología de IC ante la dirección de la empresa. Se efectuó el entendimiento de la necesidad actual de la empresa, se evaluó el sistema de trabajo y se realizaron ajustes a la dinámica de trabajo para el mejoramiento de resultados. Los procedimientos para aplicarla se exponen a continuación.

3.1.1. Presentación de la IC

Se debe de presentar evidencia que demuestre la necesidad de un cambio de sistema de trabajo y las ventajas de implementación de IC en el DINP. Se realizó un análisis de la producción realizada en un mes previo a la implementación y sus resultados se emplearon para calcular el índice de rechazos y exponer las principales causas mediante un diagrama de Pareto. Debido a que los rechazos por atributo son diversos, se separaron en las siguientes categorías:

- Transfer
- Esquinas movidas
- Dimensiones
- Panel
- Stitchbond
- plisado
- Materiales
- Cadena
- Descosidas
- Mal costuradas
- Manchadas-sucias
- Rasgaduras y Zipper

Posteriormente se realizó una presentación de la información recabada al gerente general de la empresa y se expuso cómo la implementación de un sistema de trabajo basado en IC previene las problemáticas expuestas desde la etapa de diseño.

3.1.2. Revisión de la dirección y Diagnostico

Se convocó a los responsables de cada departamento para exponer la problemática de la empresa y el proyecto de implementación para solucionarlo. Se inició compartiendo la lista de los problemas de mayor recurrencia de rechazos de productos y la urgencia de disminuir progresivamente el índice de rechazos iniciando por lo menos con un 5%.

Mediante una mesa de dialogo se realizó un análisis de la problemática en general. Con ayuda del diagrama de Pareto se identificaron los problemas de mayor impacto y se evaluó la dinámica del trabajo mediante un diagrama de flujo del proceso. Finalmente se realizó un análisis de causa raíz de los problemas de producción, empleando como herramienta el diagrama de Ishikawa.

El equipo realizo ajustes al procedimiento de DINP. Para ello tomó como referencia las observaciones hechas y estableció la dinámica de trabajo e involucramiento del personal en todas las etapas pertinentes. Al ser una empresa maquiladora, existen restricciones que limitan la completa participación de todos los departamentos. Los requisitos del cliente, las soluciones técnicas y la capacidad de fabricación se consideran limitaciones para evaluar [29]. Tomando en cuenta estas limitaciones se desarrollaron alternativas viables hacia el diseño de mayor robustez al proceso de costura de la empresa.

3.2. Etapa 2

En esta etapa se emplea en un ciclo cerrado de evaluación y mejora de implementación. Este ciclo permanece hasta lograr desarrollar un sistema funcional que cubra por completo las necesidades de los involucrados.

Se seleccionaron dos proyectos para evaluar la funcionalidad del nuevo sistema de trabajo propuesto. El primero fue denominado Prueba Piloto y el segundo Breeze.

3.2.1. Prueba piloto

Esta etapa consistió en la evaluación del sistema de trabajo establecido por el equipo para modificar su estructura y dinámica de trabajo conforme las observaciones del equipo. Para ello, fue seleccionado un proyecto que tenía retrasos por mala planeación y que se tenía que cumplir con la fecha de entrega pactada. Posteriormente se reunió al equipo para exponer la situación y comenzar trabajar en el proyecto.

Los miembros del equipo realizaron la revisión de los requerimientos generales del producto para realizar la planeación del proyecto y su monitoreo. Se coordinaron para realizar en trabajo paralelo el cumplimiento de las responsabilidades individuales y se establecieron fechas compromiso para seguimiento del proyecto. Como parte del ciclo de mejora, se estableció hacer una revisión de los resultados al finalizar la prueba piloto.

3.3. Etapa 2

En esta etapa se emplea en un ciclo cerrado de evaluación y mejora de implementación. Este ciclo permanece hasta lograr desarrollar un sistema funcional que cubra por completo las necesidades de los involucrados.

Se seleccionaron dos proyectos para evaluar la funcionalidad del nuevo sistema de trabajo propuesto. El primero fue denominado Prueba Piloto y el segundo Breeze.

3.3.1. Prueba piloto

Esta etapa consistió en la evaluación del sistema de trabajo establecido por el equipo para modificar su estructura y dinámica de trabajo conforme las observaciones del equipo. Para ello, fue seleccionado un proyecto que tenía retrasos por mala planeación y que se tenía que cumplir con la fecha de entrega pactada. Posteriormente se reunió al equipo para exponer la situación y comenzar trabajar en el proyecto.

Los miembros del equipo realizaron la revisión de los requerimientos generales del producto para realizar la planeación del proyecto y su monitoreo. Se coordinaron para realizar en trabajo paralelo el cumplimiento de las responsabilidades individuales y se establecieron fechas compromiso para seguimiento del proyecto. Como parte del ciclo de mejora, se estableció hacer una revisión de los resultados al finalizar la prueba piloto.

3.3.2. Selección de proyecto

Para lograr los mejores resultados posibles se consideró seleccionar un proyecto que permitiera experimentar los beneficios reales del trabajo concurrente. El proyecto Breeze fue seleccionado debido a que contó con la participación directa del cliente.

3.3.3. Desarrollo, Planeación y Documentación del producto

Se revisó el sistema para identificar aquellas actividades que se pudieran realizar de forma simultánea. Para ello se integraron al equipo los jefes de cada departamento involucrado.

Desarrollo del diseño

Las diferentes responsabilidades departamentales obligaron a trabajar de manera simultánea la mayor parte del proyecto. Para lograrlo se asignaron de manera individual actividades específicas a realizar en un determinado periodo de tiempo y se creó una nueva línea de comunicación donde la información se actualizaba de manera general y permitía realizar un mejor monitoreo del proceso.

El cliente presentó las características generales del producto, sus materiales y proveedores certificados, así como las variaciones en el diseño que quería trabajar. Se analizaron y cuestionaron las características sobresalientes del producto para realizar propuestas que simplificaran el diseño e incrementaran la capacidad de producción. Con base en los acuerdos realizados entre el equipo y el cliente, se procedió a realizar los prototipos. Se realizaron diferentes ajustes a los diseños en base a las observaciones hechas y se repitió el ciclo hasta lograr la plena satisfacción del cliente. Una vez aprobado

el diseño se actualizo y desarrollo la documentación necesaria para la verificación previa a la implementación del producto en las líneas de producción.

Planeación de Procesos

La fase de planeación se caracteriza por definir el valor total generado por el proyecto. Autores [30,31] han indicado que su relevancia deriva de la asertividad de las decisiones tomadas para la sostenibilidad del proyecto. Por lo expuesto, se realizó una reunión para definir las actividades a realizar y su impacto en el proyecto. La efectividad de la integración informativa depende de la sincronización apropiada del flujo de información y del proceso de decisión eficiente basado en los recursos de conocimiento [32] por lo cual Se presentó la información general del proyecto junto con el periodo de ejecución determinado por el cliente y mediante el análisis de las responsabilidades y los alcances de cada departamento se derivaron tiempos de elaboración y se determinaron las fechas específicas de ejecución de actividades de responsabilidad grupal o individual para el cumplimiento de las exigencias del cliente.

Con la información obtenida en la reunión se realizó un diagrama PERT. Se consideró esta herramienta debido a que permite realizar una planeación de manera visual basado en la interrelación de las actividades y los tiempos específicos de desarrollo. El Diagrama PERT establece relaciones a partir de la dependencia de las actividades de un proyecto [33] . El diagrama está dividido en dos fases, la primera se enfoca en el desarrollo el producto y los preparativos para la implementación. La segunda fase es la implementación y validación del producto.

Al finalizar esta etapa se logró documentar y establecer el proceso de manufactura, así como identificar las operaciones críticas y establecer los criterios de aprobación.

Documentación

Se realizó el registro de todos los cambios de diseño y sus procesos de los prototipos desarrollados. Se incluyó la documentación proporcionada por el cliente y además registraron los nuevos procedimientos de control de procesos.

Al finalizar esta etapa se tenía identificadas las operaciones críticas y establecidos los criterios de aprobación por atributos.

3.3.4. Verificación previa a implementación o Corrida Piloto

Se reunió al equipo de trabajo concurrente para la presentación del diseño a implementar. Se expusieron las observaciones finales del cliente, los puntos críticos del diseño y se hicieron preparativos para la evaluación del proceso en la ejecución del proyecto.

Se realizó la verificación del cumplimiento de los objetivos de la ruta crítica en el periodo de tiempo establecido las circunstancias por las que no se lograron concretar algunos. Por último, se revisó que la documentación coincidiera con el proceso de manufactura establecidos logrando desvanecer posibles dudas al validar en forma conjunta la información oficial del producto.

3.3.5. Ejecución del proyecto o Implementación

Es imposible considerar y/o controlar todas las problemáticas que se llegaron a presentar en la implementación, sin embargo, en esta etapa salen a relucir estos problemas. La búsqueda y soluciones de estos problemas permite una mayor interacción entre los miembros del equipo y mientras mayor sea el tiempo de interacción de estos mayor será la aducción del conocimiento general para los mismos [34], lo cual permite nuevas consideraciones en proyectos futuros. Los problemas fueron analizados en colaboración con el personal operativo lo cual genere ajustes de proceso y adaptaciones de diseño, las cuales fueron registradas de manera inmediata para evitar confusiones futuras por falta de registros.

Una vez realizada la verificación del proceso establecido se realizó la implementación del producto. El cliente audito los procesos y su documentación a fin de validar el cumplimiento de sus especificaciones y la calidad de los productos realizados.

3.3.6. Validación y mejora

Se analizaron los resultados obtenidos de nuevo procedimiento de desarrollo e implementación y se tomaron medidas de contención para garantizar mejorar la calidad de los productos. Además, se hizo una reunión con el cliente para escuchar su opinión de los productos fabricados. Los ajustes necesarios se realizaron y documentaron.

Se realizó un análisis de los resultados obtenidos y se desglosó una lista de oportunidades de mejorar para implementaciones futuras. Esta acción fue importante para lograr una mejor comprensión y descripción de la naturaleza del conflicto que garantice futuras implementaciones sin problemas, como fue indicado por Li [35].

Finalmente como parte del proceso de mejora continua se reunió exclusivamente a los administrativos de la empresa MXN y se realizó la evaluación del nuevo sistema de trabajo y se enlistaron las áreas de oportunidad para mejorarlo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación del nuevo sistema de trabajo implicó realizar trabajos adicionales a la jornada laboral, dar seguimiento constante al proyecto y realizar acuerdos con el personal para el cumplimiento de objetivos en común. La dinámica de participación no fue total, sin embargo, se tuvieron beneficios económicos considerables debido a que los resultados hubieran sido completamente diferentes y los re-trabajos se hubieran incrementado exponencialmente. Adicionalmente a esto, la participación de equipo desde el inicio del proyecto permitió identificar inconformidades en la etapa de implementación que de no haber sido detenidas en ese momento hubieran representado la pérdida total de la implementación. La implementación no fue solo a nivel administrativo, y para garantizar la participación de los niveles operativos fue necesario acercarse a los grupos de trabajo y realizar un entrenamiento de la dinámica y trabajo. Esta acción se reflejó en el resultado de la implementación, que dependió en gran medida de la participación del personal.

4.1. Etapa 1

Esta etapa resultó de gran relevancia y constituyó un gran reto debido a la nueva forma de trabajo. Las observaciones y hallazgos de cada etapa se enuncian a continuación.

4.1.1. Presentación de la IC

Los resultados del análisis de la producción se exponen en la Tabla 1. Se analizaron 47,681 unidades, de las cuales 13,209 fueron rechazados por defectos de atributos, lo que corresponde a un rechazo de 28%. Se puede observar que existe una

diferencia del 24% en el número de defectos entre la primera y la segunda causa de rechazos y del 2% entre la segunda y la tercera causa. Esta situación obliga a poner especial atención en la causa principal.

El diagrama de Pareto indica que el 30% de las causas ocasionan el 80% de los defectos encontrados en el muestreo (ver figura 8). Se puede apreciar rápidamente que realizar acciones de contención de fallas en las dos primeras categorías puede reducir considerablemente (57%) la cantidad de rechazos en el proceso.

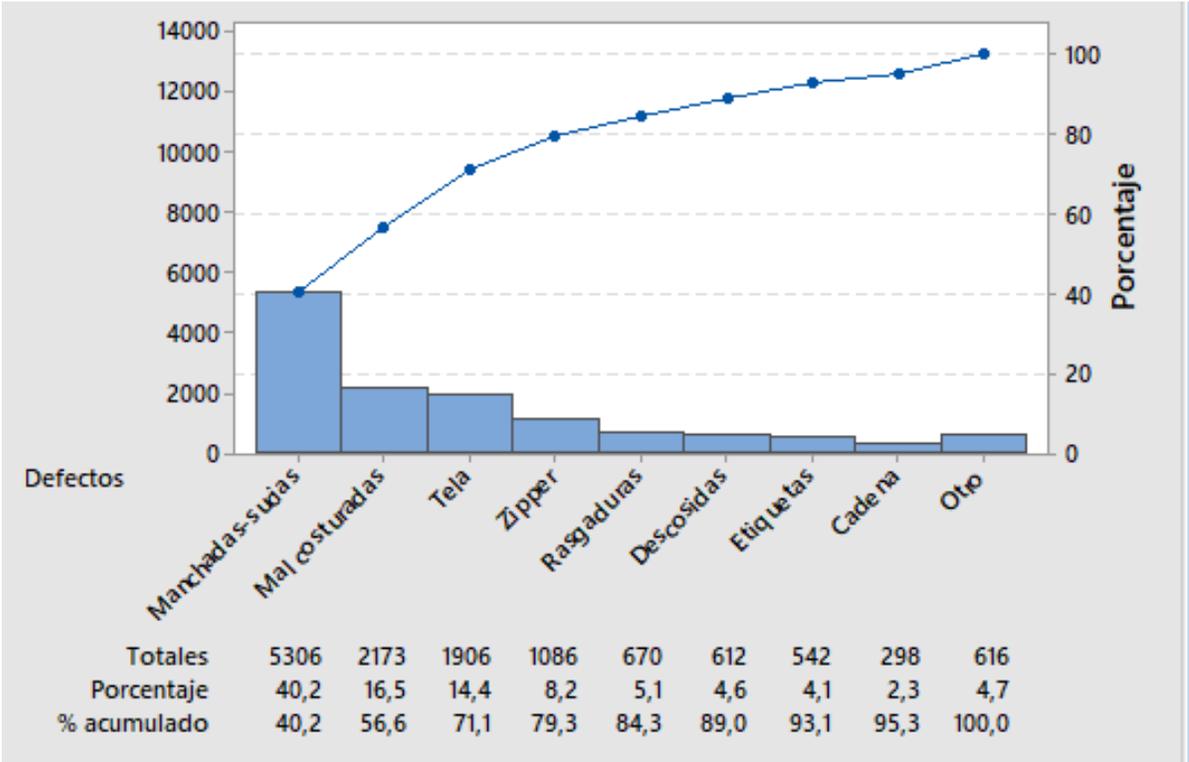


Figura 8. Diagrama de Pareto de defectos en la empresa MXN

Fuente. Elaboración propia

La etapa de sensibilización del personal para la implementación de la IC no tuvo la resistencia que algunos autores [36,37] han expuesto. Al presentar una pérdida

equivalente a USD \$7,000 en la última implementación de nuevos productos, se consiguió el respaldo de la gerencia para la ejecución del proyecto. Estos costos de mala calidad se derivan de la queja del cliente por incumplimiento de las especificaciones. Este fue un aspecto importante al tomar la decisión de la implementación porque la calidad en los productos es determinante para ganar clientes, de lo contrario afecta directamente al cliente y repercute en la confianza y lealtad del mismo, como fue expuesto por Gumucio [38].

Defectos	Muestreo																				Totales	
Transfer								1													1	
Esquinas movidas																		50	12	21	83	
Dimensiones			6	6																	12	
Panel						13	7	5	17	10	22	5	11	9	17	16	18	16	25	33	224	
Stitchbond		8	5	6	7	15	11	7	5		17	1	1			8	6				97	
plisado	7	10	1		4	22	20	11	16		14	30	10	16	3		15				179	
Materiales	5									10											5	20
Cadena		6					20	3	12	4	38	22	16	8	12			136	9	12	298	
Descosidas	3	8	10	22	19	20	78	9	16	35	62	130	14	17	19	26	75	16	12	21	612	
Mal costuradas	212	159	68	35	56	91	191	38	75	143	220	176	185	113	116	120	85	26	45	19	2173	
Manchadas-sucias	446	464	167	125	291	617	429	316	414	187	259	322	257	220	178	125	128	120	125	116	5306	
Rasgaduras	73	43	10	16	56	40	31	30	49	4	24	14	36	63	28	52	38	14	28	21	670	
Zipper	64	17	12	25	18	51	274	46	88	39	31	13	17	46	60	68	89	78	26	24	1086	
Etiquetas	13	4	14	7	16	12	18	13	22	19	27	25	37	23	6	25	215	22	12	12	542	
Tela	51	89	97	110	151	237	60	68	46	100	152	100	84	113	85	65	75	81	75	67	1906	

Tabla 1. Censo de la producción mensual de la empresa MXN

Fuente. Elaboración propia

4.1.2. Revisión de la dirección y Diagnostico

En esta etapa se reafirmó la necesidad de contar con el respaldo de la alta dirección para lograr el éxito del proyecto, como ha sido expuesto por Cuatrecasa [39]. Al inicio se observó que algunos miembros hicieron caso omiso al llamado para la primera reunión. Para resolver esta situación, para la segunda reunión se solicitó el apoyo del líder de la compañía, quien indicó al personal que su participación no era opcional y con ello todos los líderes se integraron a los trabajos. Como indica Koufterosa [40] La ingeniería concurrente puede ser difícil, si no imposible, sin un gerente de desarrollo de productos que tenga la influencia suficiente y el respaldo de la alta gerencia para tomar decisiones que afecten las funciones.

Al principio se presentó resistencia del personal debido a experiencias previas de implementaciones que complicaron los procesos y finalmente fueron olvidadas por no solucionar los problemas. Rico [41] indica que las iniciativas que no consiguen nada consumen las energías físicas, mentales y emocionales del personal y lo desmotivan. Para lograr eliminar esta barrera, el líder logró convencer al equipo para participar en esta propuesta y alcanzar los objetivos establecidos. Este tipo de estrategias ha sido reportada en otro estudio [42].

Para comprender la importancia del trabajo concurrente, se elaboró el diagrama del flujo actual del proceso de producción que se expone en la Figura 9. En él se muestra la dinámica de trabajo de la empresa y como la falta de coordinación y transmisión de información obstaculiza el proceso en cada etapa. El personal al percatarse de su influencia a lo largo del proceso y como afecta de manera lineal el proceso, mostró un mayor interés en participar en la mejora del proceso.

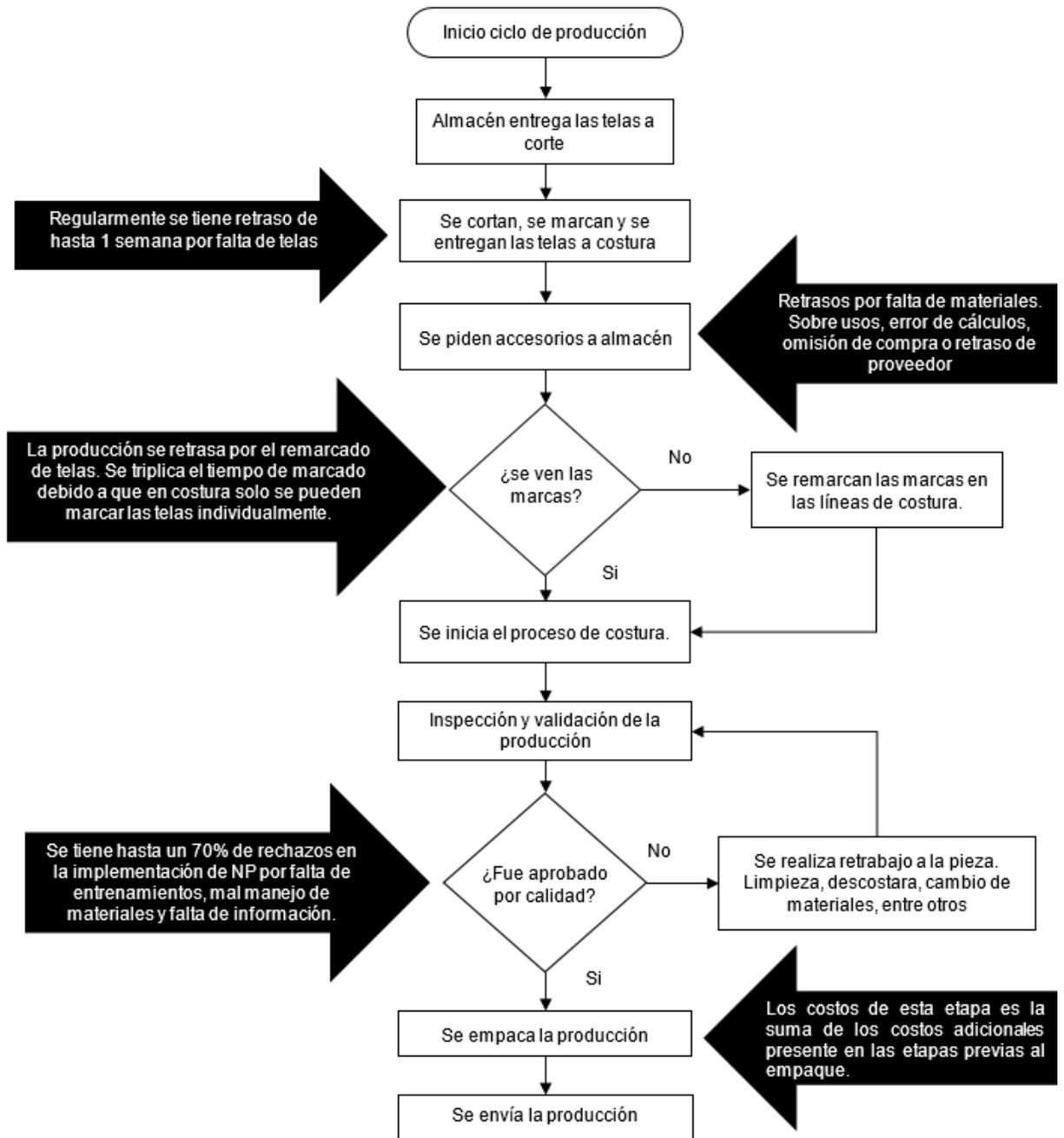


Figura 9 Diagrama de flujo del proceso de producción.

Fuente. Elaboración propia

Las observaciones realizadas por el grupo fueron el detonante del dinamismo de la reunión para identificar la causa raíz de las problemáticas. El análisis de causa raíz

(ver Figura 10) demostró al personal que la empresa carece de registros y controles de procesos en todos los departamentos, esto se debe a que las actividades se han desarrollado de manera empírica por lo cual carecen de efectividad.

El grupo concluyo que las causas principales de los problemas derivan de la mala planeación y la falta de comunicación y que se pueden controlar si se valida la información y los productos previamente a su producción. La conclusión del equipo permitió presentar la metodología de IC como un sistema de trabajo que permite mitigar las problemáticas controlables desde la etapa de desarrollo del producto garantizando una mejor implementación en las líneas de producción.

El equipo conformado por 6 departamentos realizo acuerdos y ajustes al sistema de trabajo de forma rápida y expedita para implementar la metodología de IC en el DINP (Ver Figura 11). Esto disiente con lo expuesto por Nuscheler [43] quien indicó que la coordinación y cooperación de los equipos multidisciplinarios es inversamente proporcional a la diversidad de miembros. En este estudio, la necesidad de solucionar problemas de mutuo interés influyo positivamente en la participación de sus miembros.

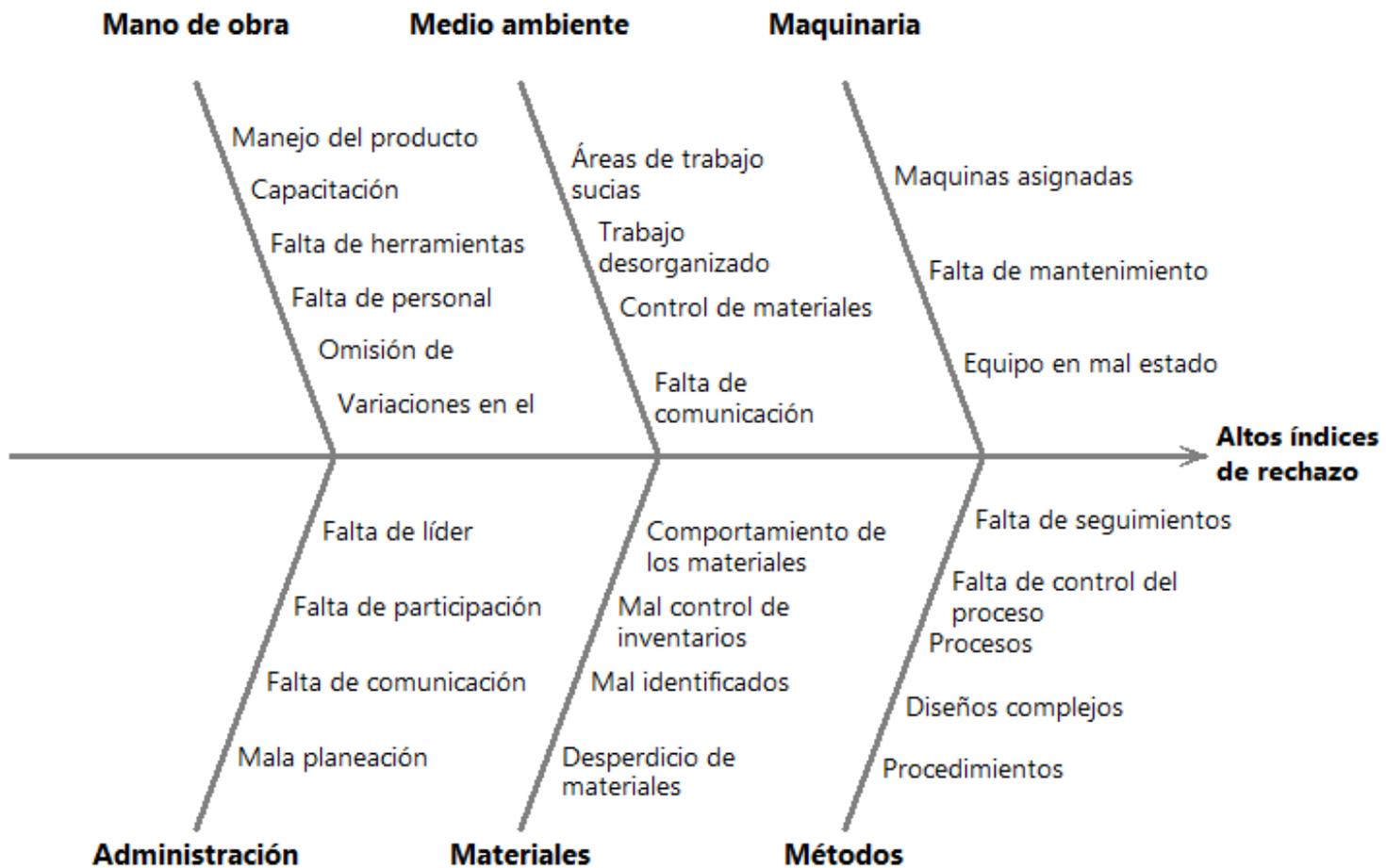


Figura 10. Diagrama de Ishikawa

Fuente. Elaboración propia

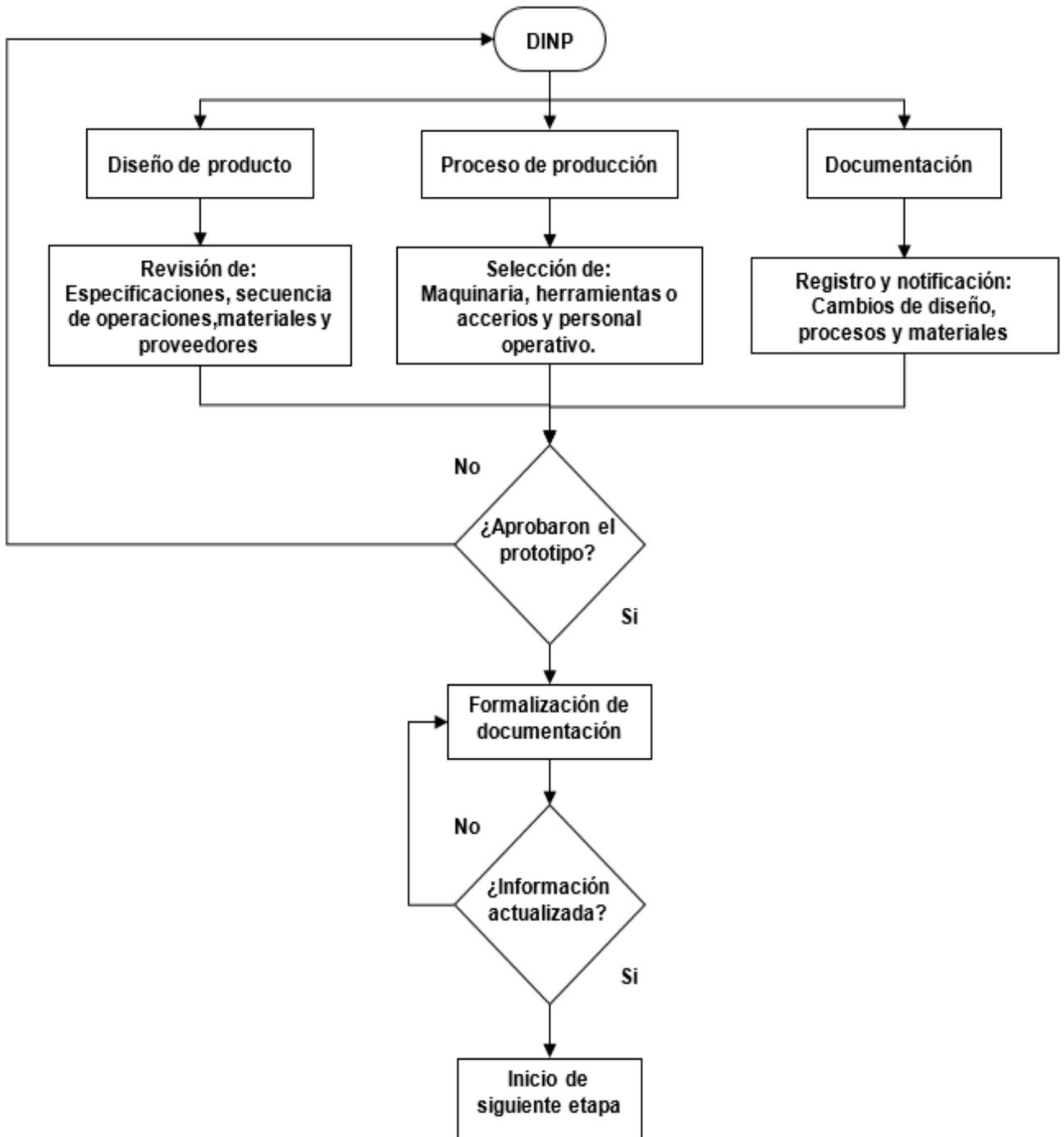


Figura 11. Diagrama para desarrollo e implementación para los nuevos productos

Fuente. Elaboración propia

4.2. Etapa 2

La funcionalidad del trabajar bajo el sistema concurrente se evaluó con los resultados obtenidos en 2 proyectos. La Prueba Piloto permitió identificar las oportunidades y necesidades del nuevo sistema para DINP, a su vez sirvió como entrenamiento para los miembros del equipo. El segundo mostró la diferencia obtenida entre el nuevo sistema de trabajo y su versión anterior.

4.2.1. Prueba piloto

La participación del equipo de IC permitió detectar problemas que se complicarían y retrasarían el proceso de producción. Sin embargo, las circunstancias que prevalecían al momento de la selección de este proyecto no permitieron realizar una ejecución efectiva. El proyecto ya tenía fecha de inicio de producción retrasada y fecha de entrega de producción, por lo cual se trató de recuperar el tiempo perdido mediante la aplicación de trabajo en paralelo. Sin embargo, el compromiso de entrega del cliente impulso al personal a ignorar el nuevo procedimiento de trabajo para el proyecto y siguió el viejo sistema de trabajo, lo que dio como consecuencia una queja del cliente por incumplimiento de especificaciones. Como consecuencia se reemplazaron y almacenaron 2,500 unidades rechazadas por el cliente. La prueba piloto reafirmo lo expuesto por Sahoo [44] quien indica que el éxito de la implementación depende del entendimiento de los factores o barreras que la obstaculizan.

La problemática expuesta despertó interés en la nueva dinámica de trabajo debido a que su objetivo principal es evitar ese tipo de pérdidas. Al finalizar este proyecto se reafirmó la necesidad de seguir los procedimientos establecidos por el equipo para lograr una mejor implantación en el siguiente proyecto.

4.2.2. Selección de proyecto

Las circunstancias de la maquiladora MXN cambiaron cuando se realizó el segundo proyecto. Debido a causas ajenas al proyecto hubo rotación y ausencia del personal impidiendo contar con la participación del gerente de producción. Como medida de contención de imprevistos se asignaron a los departamentos de Ingeniería y Diseño como apoyo.

Se ha indicado [45] que la integración de la información y la influencia de los clientes en el proceso de desarrollo del producto afecta positivamente en la calidad de los productos adquiridos. En este estudio se observó que la colaboración del cliente forzó al personal a involucrarse de manera activa en el proyecto. Su participación permitió mayor dinamismo en el proyecto impidiendo obstrucciones en el desarrollo por falta de información o especificaciones. A su vez canalizó los esfuerzos hacia el cumplimiento de objetivos específico que lograran hacer cumplir las expectativas del cliente.

4.2.3. Desarrollo, Planeación y Documentación del producto

El sistema implementado permitió obtener un mayor aprovechamiento de los recursos y brindarle al cliente respuestas y acciones rápida para el cumplimiento de sus expectativas. Realizar el proyecto de manera conjunta representó un gran reto debido a que la empresa carece de una estructura organizacional bien definida y personal administrativo por lo cual la barrera principal para la implementación del nuevo modelo de trabajo fue la carga de actividades individuales del personal. La coordinación lograda y la revisión de información previa al inicio del proyecto permitió que todas las áreas tuvieran acceso rápido al conocimiento relevante y pudieran identificar y prever posibles problemas a lo largo del proyecto. Este resultado coincide con lo expuesto por Zidane

[15], quien indicó que la incorporación de todas las disciplinas relevantes en las fases muy tempranas del proyecto garantiza que puedan lidiar con los problemas que se puedan presentar.

La ejecución de diversas actividades de manera simultánea no redujo la cantidad de actividades a realizar, pero si acorto el tiempo de desarrollo global. Se confirmó esta afirmación realizada por algunos autores [46–48] quienes concuerdan en que el trabajo simultáneo permite cubrir diferentes aspectos del proyecto logrando ciclos de desarrollo más cortos. Los resultados dependen directamente de la planeación y el seguimiento que se le dé al proyecto, los resultados nos son 100% a favor del proyecto, pero demostraron un gran cambio en los resultados obtenidos, Sin embargo, requirió de la presencia de un líder que le diera seguimiento al proyecto y se encargara de que la información fuera.

Desarrollo del diseño

La etapa de desarrollo fue la que mayor tiempo demando debido al gran número de aspectos a evaluar y variaciones a controlar. Esto fue consistente con lo expuesto por Zidane [15], quien indicó que se puede comprometer hasta el 80% del costo de producción de un producto en la etapa de diseño. Esta situación es normal si se considera que los beneficios de la IC se derivan del hecho de que se asigna mayores recursos en la fase de diseño debido a su influencia en el costo general de su producción [22]. Debido a esto la IC privilegia las fases de desarrollo y planeación del producto a fin de reducir la necesidad de cambios posteriores, y así racionalizar los tiempos y recursos del proyecto

Haciendo uso de las facilidades que nos permiten lo avances tecnológico se abrieron nuevas líneas de comunicación para el equipo de trabajo, empleando herramientas como Skype, WhatsApp y paquetería de office se pudo monitorear y dale

seguimiento al proyecto conforme se concretaba cada etapa. Al principio el personal no estaba transmitiendo la información a través de los nuevos canales de comunicación, por lo cual fue necesario que el líder del proyecto realizara el seguimiento individual de las actividades asignadas para asegurar que se pudiera completar la primera fase del proyecto en las dos semanas asignadas por el cliente. Otro aspecto que contribuyó al éxito de las nuevas líneas fue que la presencia del cliente forzó al equipo a reunirse cuando el cliente tenía dudas o solicitaba aclaraciones ocasionado una participación más activa del personal.

El análisis de la información permitió que se aclararan las confusiones creadas a partir de las discrepancias entre la información entregada al equipo y lo que decía el cliente. Basados en la información proporcionada y las observaciones por parte de los expertos en el área se realizaron propuestas de ajuste de diseño. Al trabajar de manera conjunta se logro realizar en poco tiempo varias propuestas de diseños que cumplían con las expectativas del cliente, como fue expuesto por Millána [49].

El intercambio de conocimiento tuvo un gran impacto sobre la implementación del nuevo producto [50]. En un principio el cliente objetó las propuestas de ajustes de diseño debido al temor de obtener producto de menor calidad a lo ya establecido. Sin embargo, los prototipos fueron aprobados al demostrar que los ajustes al proceso no alteraban la funcionalidad del producto final y cumplía los estándares calidad establecidos. Como resultado de esta acción se establecieron criterios reales de inspección por atributos a partir de muestra físicas y tolerancias expuestas por el cliente usando los prototipos como referencia. De esta forma se pudo comprobar que para mejorar la innovación y la calidad

de los productos es necesario coordinar los esfuerzos de resolución de problemas de los miembros del equipo, como fue señalado por Koufterosa y Muñoz [33,40].

El tiempo para el desarrollo y aprobación de prototipos se redujo sustancialmente al trabajar de forma coordinada y colectiva, como indicó Balfe [46]. Previo a la implementación de la IC el tiempo regular era de dos a tres meses, en este proyecto se redujo a dos semanas. Las estrategias implementadas fueron: a) la retroalimentación de información y ajustes inmediatos con base a las observaciones del cliente; y b) elaboración de prototipos basados en las características, maquinarias y herramientas específicas de la línea de producción para mitigar las adaptaciones de las líneas en base a las características del diseño. Estas acciones permitieron distribuir los recursos de manera eficiente para poder desarrollar, evaluar y validar los diseños en el tiempo establecido por el cliente. También se logró un diseño más robusto al identificar problemas de diseño, errores potenciales del operador y cuellos de botella para los cuales se planificaron contramedidas previas a la implementación. Como consecuencia, se redujo el tiempo requerido para completar el proyecto en su totalidad.

Planeación de Procesos

La planeación general del proyecto fue la etapa de mayor importancia. Conocer la programación y tiempos de desarrollo determinados por el cliente permitió hacer de conocimiento general las actividades necesarias y su duración para el cumplimiento de las fechas compromiso con el cliente. Al desarrollar un plan de acción de manera conjunta se eliminaron las demoras en las actividades críticas por falta de conocimiento del estatus de actividades previas, logrando abrir un nuevo canal de comunicación para el seguimiento del proyecto.

El esclarecimiento de las responsabilidades y tiempos de ejecución de cada departamento fue crucial para realizar la planeación. Por experiencias previas, las actividades que se expresan de manera ambigua no son ejecutadas en los tiempos requerido y retrasan el proyecto. Es por esto que se realizó un análisis de ruta crítica y se programaron las actividades a realizar conforme periodos específicos de ejecución los cuales se presenta en el diagrama PERT expuesto en la figura 12.

Actividad	Descripción	Duración
A	Identificación y Clasificación de materiales para su importación.	1
B	Recibimiento y verificación de materiales	0.5
C	Revisión de la información y desarrollo de proceso	5
D	Compra de accesorios y validación de maquinaria específica	1
E	Realización de muestra y validación de procesos.	10
F	Instalación y validación de aditamentos	0.5
G	Desarrollo de Fixturas y Poka-yoke	1
H	Actualización de manuales y el proceso	1

Actividad	Descripción	Duración
I	Certificación del personal	1
J	Auditoria a los nuevos procedimientos establecidos y las actualizaciones	1
K	Recibimiento de materiales Adicionales	8
L	Implementación y validación del proceso (Auditoria de procedimientos)	4
M	Documentación para la exportación de materiales	1
N	Actualizaciones de documentación en base a los ajustes de proceso	2
O	Envío de producción de implementación al cliente	1
P	Aprobación del cliente.	1

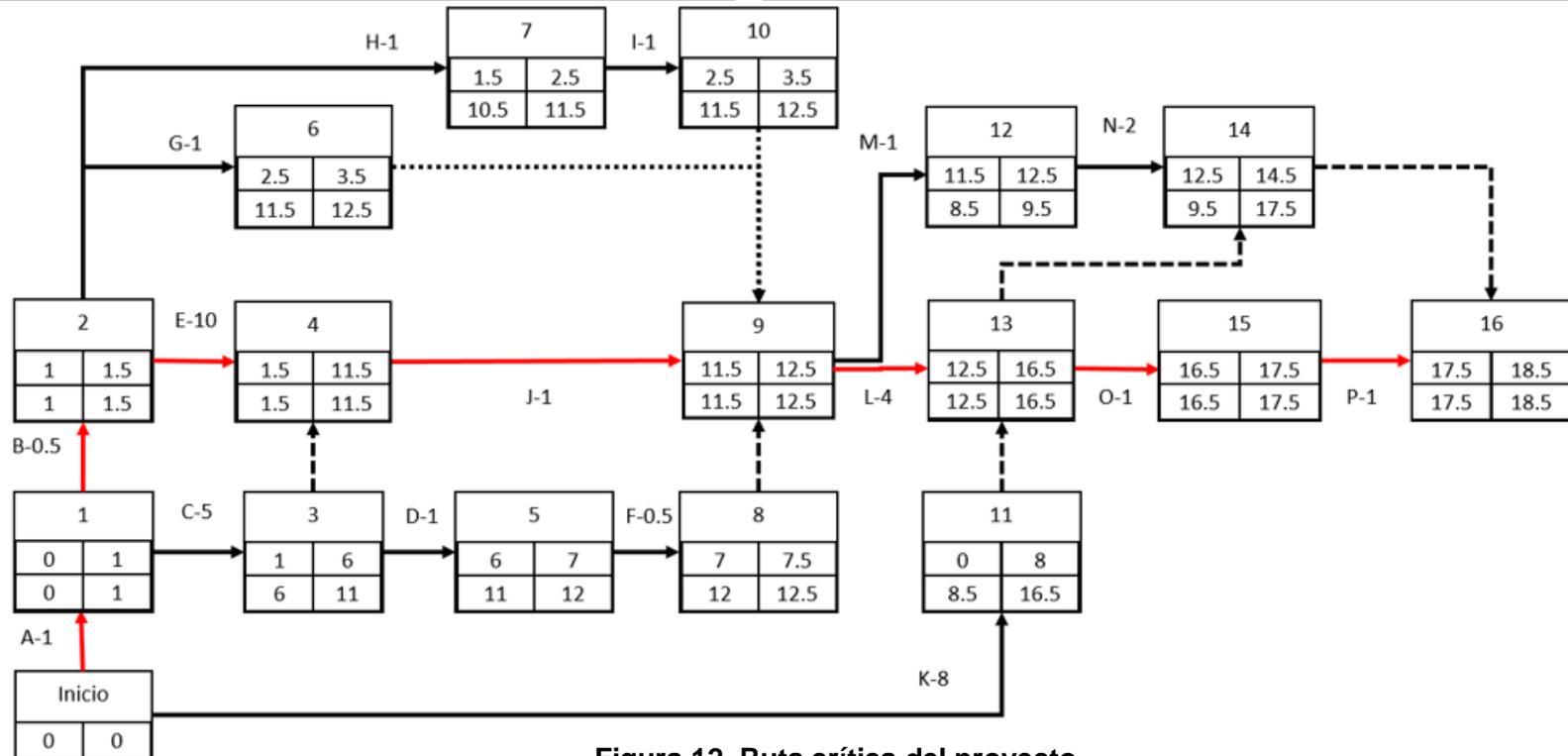


Figura 12. Ruta crítica del proyecto

Fuente. Elaboración propia

La integración de la información demostró ser esencial para la planeación y relación de actividades. Al manejar información fidedigna en tiempo real se logró desarrollar una secuencia conforme las necesidades reales del proyecto. Esto coincide con lo expuesto por algunos autores [30,49,51,52], quienes indicaron que la divulgación temprana de información reduce la incertidumbre y promueve la detección de problemas dentro del sistema.

El diagrama PERT permitió visualizar la dinámica general de trabajo. La ruta crítica proporciona una imagen del riesgo de las decisiones tomadas [53] y del impacto de los retrasos en el cumplimiento de los objetivos. Al considerar todo el proyecto, en lugar de trabajar etapa específica, se logró desarrollar un sistema de acuerdo a las capacidades de la empresa, que minimizó los gastos del corporativo por adecuaciones a un proyecto mal planificado. De igual forma, fue posible implementar nuevos procedimientos y otros que ya se habían implementado, pero se dejaron de usar por falta de seguimiento. A diferencia de la prueba piloto, en este proyecto se logró trabajar en una sola dirección reduciendo la problemática de la planta (mal desempeño por trabajos apresurados, errores por mal manejo de materiales o confusiones de los mismos) y mejorando el seguimiento de las actividades realizadas por cada miembro.

La planeación realizada tuvo una eficiencia del 81.25% debido a que 3 actividades quedaron inconclusas desde el incumplimiento de los proveedores hasta el desempeño de manera individual del personal. La principal resistencia respecto al cambio de dinámica de trabajo se presentó en el personal más antiguo de la corporación, incumpliendo en el tiempo estipulado las actividades asignadas. Este tipo de

comportamiento coincide con lo expuesto por Johannesson [54], quien expuso que la mentalidad del personal representa un gran desafío a superar.

Documentación

La documentación del producto aprobado fue la parte más crítica del proyecto debido al problema cultural de falta de registros. La documentación plasma los criterios de aprobación y rechazo expuestos por el cliente, sin embargo la empresa tiene retrasos en la validación del producto por la ausencia de esta información. Al desarrollar registros para dar trazabilidad a proyectos e información por parte directa del cliente, se evitaron esos retrasos y permitió concentrar al personal en la planeación de la prueba de implementación.

Como aportación adicional, el cliente incluyó el uso de controles y monitoreo de proceso con la finalidad de evaluar y garantizar la calidad de los productos. La inclusión de dicha documentación permitió a la empresa darse cuenta de la falta de trazabilidad y control de la misma. Los requerimientos del cliente dieron pauta al desarrollo de nuevos procesos de validación y control de procesos. Se consideró y certificó cada etapa del proceso de producción desarrollado, incluyendo maquinaria, operadores, herramientas, guías, documentación y principalmente el control de materiales. Este tipo de registros se encuentran de forma común en empresas grandes, pero al tratarse de una PYME es necesario desarrollarlos como parte de una cultura de documentación. En comparación con los controles del cliente, la empresa MXN tiene muchas oportunidades de mejora, situando como objetivo el control de proceso y rastreabilidad de los mismos dando un paso grande hacia el cambio y mejora de proceso. La aplicación de la IC proporcionó un entorno de colaboración basado en el intercambio de conjuntos de datos y una mayor

cohesión en el diseño y visibilidad del proyecto, como ha sido expuesto por Brevault et al. [55].

4.2.4. Verificación previa a implementación

La situación cultural de la empresa limitó el impacto esperado en esta etapa. Considerando que se desarrolló un plan a nivel gerencial, se esperaba que los miembros del equipo trabajaran de manera auto gestionada para cumplir en tiempo y forma sus respectivos compromisos. Sin embargo, solo se concretó el 81.25% de las actividades planificadas. Un análisis mostró que los líderes de equipo no mostraron iniciativa y liderazgo, en parte por no encontrarse exclusivamente enfocado en el proyecto. Koufterosa et al [40] indican que para reducir los retrasos en la comunicación, mejorar las actividades concurrentes y reducir el tiempo de desarrollo en general, se necesita un líder de equipo con conocimientos que pueda dedicar el tiempo suficiente para planificar, administrar y monitorear el proyecto.

El proyecto careció de seguimiento adecuado por parte de algunos miembros del equipo. Esto se acredita a la excesiva carga de trabajo y al número limitado del personal. La saturación de actividades y el mal manejo de prioridades conducen a una carente participación del personal en los proyectos y en el retraso en el cumplimiento de algunas actividades. Esto puede explicarse con lo expuesto por Jin [56] quien indicó que el mal uso de los recursos en la planeación ocasiono un mal desempeño, incrementando los tiempos de espera del proyecto.

4.2.5. Ejecución del proyecto o Implementación

La auditoría del cliente constituyó un reto debido a la demanda constante sobre la presencia del personal. Es determinante que el departamento de calidad y el líder del proyecto permanezcan tiempo completo con el cliente para aclarar las dudas y brindar soluciones rápidas a las dudas o inconformidades del cliente. Sin embargo, por la falta de personal capacitado fue imposible que todos los miembros del equipo de IC pudieran permanecer reunidos con el cliente por tiempos prolongados. Debido a esto, se estableció como estrategia acompañar al cliente con diferentes miembros del equipo conforme revisaba cada proceso.

Durante la etapa de implementación se presentaron problemas no previstos que retrasaron el proyecto 2 semanas. El primero fue generado por variación en la calidad de los materiales que por consecuencia entorpeció el proceso de producción. El segundo problema se derivó de la incertidumbre del cliente respecto a la calidad del producto terminado.

Para la validación del proceso se incluyó una nueva etapa de inspección que, si bien tranquilizó al cliente, generó un cuello de botella en la etapa de planeación. La incertidumbre sobre la calidad de las piezas producidas por el comportamiento de los materiales ocasionó que el departamento de calidad empleara criterios de validación por atributo extremadamente altos en comparación con los establecidos por el cliente. Debido a esto la labor de inspección incrementó dando como resultado un cuello de botella imposible de prever. La retroalimentación del cliente permitió esclarecer las dudas de los operadores, pero debido a las variaciones en el proceso fue imposible eliminar el cuello

de botellas, el proceso adicional de validación solicitado por el cliente afectó significativamente el nivel de productividad.

La suma de estos inconvenientes extendió la duración y validación del proyecto 2 semanas. Como el nuevo proceso de inspección afectó significativamente el proceso de validación, se acordó una nueva fecha de envío de las piezas para la aprobación del proyecto.

Al final del periodo se consiguió la aprobación del proyecto y los ajustes al proceso, acordando auditorias por parte del cliente para evaluar los registros y progresos para el cumplimiento con la demanda del producto.

4.2.6. Validación y mejora

El nuevo sistema de trabajo basado en trabajo concurrente permitió que se disminuyeran los costos de implementación de nuevos productos en la empresa MXN. En comparación con implementaciones pasadas, donde existían pérdidas por reposiciones de materia prima y re-trabajos equivalente al 75%, en esta implementación se redujo al 35.6% y se evitó el gasto en reposición de materiales equivalente a USD \$16,558.2. Considerando que se pronosticó un costo de implementación por USD \$72,433.2 se tiene un ahorro de costos adicionales del 22.86%.

Los resultados obtenidos no fueron absolutamente positivos. Si bien se logró un proceso de mayor control operacional e incremento en la calidad de los productos, el nivel de productividad decreció, lo cual también representa una pérdida de capacidad productiva para la empresa. Si bien los ahorros en los costos de implementación son importantes para mejorar el precio de los productos, es importante contar con capacidad

adecuada para cumplir con la demanda del cliente por lo cual la empresa debe trabajar de manera conjunta para mejorar el nivel de productividad, como ha sido expuesto por Koufterosa [40].

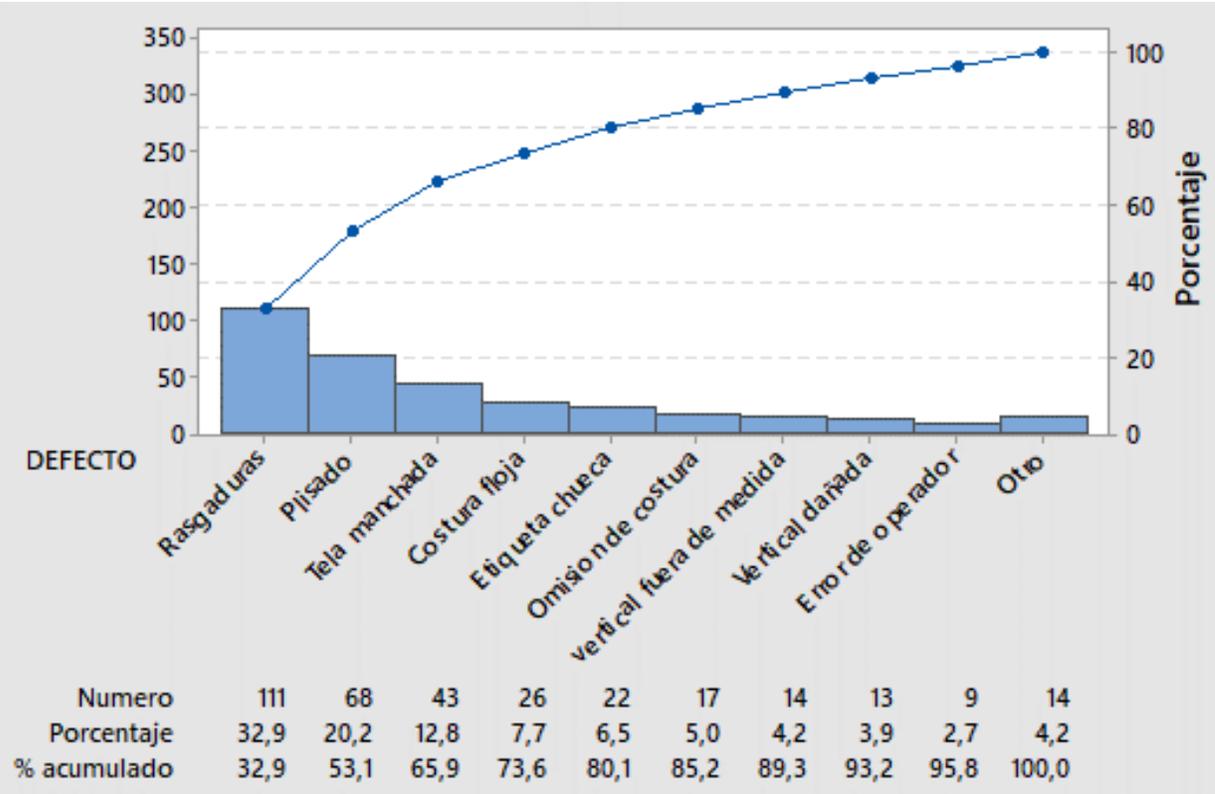


Figura 13. Diagrama de Pareto de la prueba piloto.

Fuente. Elaboración propia

Al comparar los diagramas de Pareto expuestos en la Figura 13 y la figura 8 se aprecia que se mitigó al 12.8% la categoría de manchas la cual representaba el 40.2% de las causas de re-trabajos. Además, se observa que el 80% de los defectos presentes son generados en el proceso permitiendo que el índice de re-trabajo se puede mejorar un 28.5 % al desarrollar un mejor control del proceso en la siguiente producción.

Sobre los resultados y experiencias obtenidas en este estudio, se desprenden las siguientes observaciones y oportunidades de mejora para la implementación de nuevos productos:

- Los conocimientos de los directivos no son suficientes para una planificación efectiva. La experiencia de los expertos operativos es valiosa para la adaptación de los procesos en base características del producto. Es por esto que se incluirán a los líderes operativos para que el conocimiento empírico del personal y el conocimiento adquirido de los administrativos se complementen. De esta manera se garantiza un mejor uso de los recursos, tiempo, dinero, administración, equipo y método del diseño, como es expuesto por algunos autores[35,51]. Se deben prestar atención a las dimensiones técnicas para mejorar la gestión del conocimiento, lo que a su vez permite una mejor comprensión y uso efectivo de los recursos
- El personal debe ser capacitado para adquirir el conocimiento general los demás departamentos. A pesar de que se trabaja en conjunto, algunos aspectos no son fáciles de entender si no se tiene la capacitación previa para comprenderlos.
- No es fácil para la empresa y el personal cambiar a un nuevo sistema de trabajo. Por ello, es necesario realizar cambios en la mentalidad de la organización y de los empleados para trabajar de manera colaborativa y eliminar las principales barreras de implementación expuestas por Karningsih [47]:
 - Falta de capacitación de trabajo Concurrente
 - Falta de experiencia interna
 - Falta de apoyo de gestión

- Comunicación inadecuados
- Cultura corporativa
- Estructura de organización Inadecuada.

5. CONCLUSIONES

La mejora en la coordinación represento un mejor uso de los recurso y visualización de las necesidades del proyecto, así como mayor asertividad en la toma de decisiones y acciones.

La presencia de un líder de proyecto enfoca la toma de decisiones hacia el objetivo. Esto permite minimizar la responsabilidad del grupo, pero sin incitarlos al deslinde de responsabilidad de sus respectivas áreas y a su participación activa en el proyecto.

El entorno creado con la IC vincula a los participantes del proyecto a través de un sistema de información que permite el intercambio de conocimientos, establece mecanismos fáciles y efectivos para coordinar actividades y acorta el tiempo de desarrollo del producto.

Quedo demostrado que, si no se puede contar con la participación del cliente, la persona a cargo del proyecto debe tener un profundo conocimiento sobre las necesidades y especificaciones del cliente. Algunas preguntas que pudieran ayudar a este fin son: ¿que es lo que el cliente desea?, ¿que aspectos desea cubrir?, ¿que es lo más crítico? y ¿cuáles son las cosas que no son relevantes?. Estas preguntas normalmente retrasan los proyectos porque se pierde tiempo buscando las respuestas.

6. REFERENCIAS

1. Borchani, M.F.; Hammadi, M.; Ben Yahia, N.; Choley, J.-Y. Integrating model-based system engineering with set-based concurrent engineering principles for reliability and manufacturability analysis of mechatronic products. *Concurr. Eng.* **2019**, *27*, 80–94.
2. Salazar, R. de la V. *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma (3a. ed.)*; McGraw-Hill Interamericana, 2013;
3. Cantú, D.J.H. *Desarrollo de una cultura de calidad (4a. ed.)*; 2011th ed.; McGraw-Hill Interamericana, 2011;
4. Gryna, F.M.; Chua, R.C.H.; DeFeo, J.A. *Método Juran: análisis y planeación de la calidad*; McGraw-Hill, 2007; ISBN 978-970-10-6142-8.
5. Pulido, D.S. *Manual de calidad total para operarios/ Total Quality Manual for Operators*; Editorial Limusa, 2003; ISBN 978-968-18-6289-3.
6. Castañeda Urriza, G.M. *Manual de calidad para la pequeña y mediana empresa*; Universidad Iberoamericana: Mexico, D.F., 1999; ISBN 978-968-859-361-5.
7. Kalpakjian, S.; Schmid, S.R. *Manufactura, ingeniería y tecnología*; Pearson Educación, 2002; ISBN 978-970-26-0137-1.
8. Gómez, L.S.; Pimiento, N.R.O. Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Estud. Gerenciales* **2012**, *28*, 13–22.
9. Sapuan, S.M.; Mansor, M.R. Concurrent engineering approach in the development of composite products: A review. *Mater. Des.* **2014**, *58*, 161–167.

10. Prasad, B. (Brian) Collaborative design and manufacturing research. *Concurr. Eng.* **2018**, 26, 211–214.
11. Aguilar, V.Q.; Taboada, G.P. Ingeniería Concurrente ¿sabes que es? *Rev. UABC* **2010**, 69, 17–23.
12. Ganagambegai; Shanmugam Managing Concurrent Engineering In Malaysian Small Medium Enterprises. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* **2012**, 57, 119–125.
13. Haque, B.U.; Belecheanu, R.A.; Barson, R.J.; Pawar, K.S. Towards the application of case based reasoning to decision-making in concurrent product development (concurrent engineering). *Knowl.-Based Syst.* **2000**, 13, 101–112.
14. Gutiérrez, Pulido Humberto *Análisis y diseño de experimentos (3a. ed.)*; 2012th ed.; McGraw-Hill Interamericana;
15. Zidane, Y.J.-T.; Stordal, K.B.; Johansen, A.; Van Raalte, S. Barriers and Challenges in Employing of Concurrent Engineering within the Norwegian Construction Projects. *Procedia Econ. Finance* **2015**, 21, 494–501.
16. Torres Roca, E.; Sanz Buades, V.; Guerrero Martínez, C.; Juárez Varón, D. Ingeniería concurrente aplicada al modelo de diseño de producto. In Proceedings of the 3C Tecnología; Área de Innovación y Desarrollo, S.L., 2014; Vol. 3, pp. 87–99.
17. Ullah, I.; Tang, D.; Wang, Q.; Yin, L.; Hussain, I. Managing engineering change requirements during the product development process. *Concurr. Eng.* **2018**, 26, 171–186.
18. Gutiérrez, P.H. *Calidad total y productividad (3a. ed.)*; McGraw-Hill Interamericana, 2010;

19. Loureiro, G.; Panades, W.F.; Silva, A. Lessons learned in 20 years of application of Systems Concurrent Engineering to space products. *Acta Astronaut.* **2018**, *151*, 44–52.
20. García, F.R. Ingeniería concurrente y tecnologías de la información. **2004**, *Vol. VII No. 22*, 39–43.
21. Álvarez, S.V. Uso de ingeniería concurrente como metodología de puesta en práctica del proceso de desarrollo de nuevos productos. *Investig. Eur. Dir. Econ. Empresa* **2003**, *9*, 135–154.
22. Baudin, C. Criterios de transferibilidad del enfoque concurrente en los procesos de diseño y desarrollo de productos de las pequeñas y medianas empresas chilenas. *Ingeniare Rev. Chil. Ing.* **2011**, *19*, 146–161.
23. Vázquez-Bustelo, D.; Valle Álvarez, S. Rendimiento de la ingeniería concurrente bajo condiciones de incertidumbre variables. *Cuad. Econ. Dir. Empresa* **2008**, *11*, 15–44.
24. Juárez Varón, D.; Segui Llinares, V.J.; Mengual Recuerda, A.; Ferrándiz Bou, S. Application of concurrent engineering in product and process design. In Proceedings of the Annals of The University of Oradea. Fascicle of Management and Technological Engineering; Editura Universitatii din Oradea, 2015; pp. 77–80.
25. Juárez, D.; Segui, J.; Mengual, A.; Ferrandiz, S. APPLICATION OF CONCURRENT ENGINEERING IN PRODUCT AND PROCESS DESIGN. *Ann. Univ. ORADEA* **2015**, *Volume XXIV (XIV)*, 2015/3, 77–80.
26. Luna, A.C.; Mendoza, B.A.C. Metodología para mejorar la ingeniería de Producto/Proceso basada en Ingeniería Concurrente. *Ing. Desarro. Univ. Norte* **2004**, *16*, 59–69.
27. Builes, A.C.G. Elaboración de un modelo de ingeniería concurrente para el diseño de productos en condiciones de incertidumbre. **2010**, 116.

28. Peng, T.; Trappey, A.J.C. CAD-integrated engineering-data-management system for spring design. *Robot. Comput.-Integr. Manuf.* **1996**, *12*, 271–281.
29. Elhariri Essamlali, M.T.; Sekhari, A.; Bouras, A. Product lifecycle management solution for collaborative development of Wearable Meta-Products using set-based concurrent engineering. *Concurr. Eng.* **2017**, *25*, 41–52.
30. Kivilä, J.; Martinsuo, M. Sustainable project management through project control in infrastructure projects. *Int. J. Proj. Manag.* **2017**, *35*, 1167–1183.
31. Balfe, N.; Leva, M.C.; Ciarapica-Alunni, C.; O’Mahoney, S. Total project planning: Integration of task analysis, safety analysis and optimisation techniques. *Saf. Sci.* **2017**, *100*, 216–224.
32. Duda, J.A. Modelling and implementation of product development strategy. *Concurr. Eng.* **2018**, *26*, 187–197.
33. Muñoz, C.R.V. *Investigación de operaciones*; 2011. ProQuest Ebook Central.; McGraw-Hill Interamericana, 2011;
34. Gil, F.; Rico, R.; Sánchez, M. Eficacia de equipos de trabajo. *Papeles Psicólogo* **2008**, *23*, 25–31.
35. Li, K.; Zhao, K.; Li, S. A concept-ontology-based model for resource conflict and task scheduling in concurrent engineering. *Concurr. Eng.* **2017**, *25*, 163–173.
36. Lines, B.C.; Sullivan, K.T.; Smithwick, J.B. Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations. *Int. J. Proj. Manag.* **2015**, *33*, 1170–1179.

37. Krüger, J.P.; Traub, S. Reciprocity and resistance to change: An experimental study. *J. Econ. Behav. Organ.* **2018**, *147*, 95–114.
38. Gumucio, R.L. La Calidad Total En La Empresa Moderna. *PERSPECTIVAS* **2005**, *8*, 67–81.
39. Arbós, L.C. *Gestión integral de la calidad: Implantación, control y certificación*; Profit Editorial, 2010; ISBN 978-84-92956-92-0.
40. Koufterosa, X.; Marcoulides, G.A. Product development practices and performance: A structural equation modeling-based multi-group analysis. *Int. J. Prod. Econ.* **2006**, *103*, 286–307.
41. Rico, R.; Hera, A. de la; María, C.; Taberner, C. Efectividad de los Equipos de Trabajo: una Revisión de la Última Década de Investigación (1999-2009). *Rev. Psicol. Trab. Las Organ.* **2010**, *26*, 47–71.
42. Izvercian, M.; Radu, A.; Ivascu, L.; Ardelean, B.-O. The Impact of Human Resources and Total Quality Management on the Enterprise. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* **2014**, *124*, 27–33.
43. Nuscheler, D.; Engelen, A.; Zahra, S.A. The role of top management teams in transforming technology-based new ventures' product introductions into growth. *J. Bus. Ventur.* **2019**, *34*, 122–140.
44. Sahoo, S.; Yadav, S. Total Quality Management in Indian Manufacturing SMEs. *Procedia Manuf.* **2018**, *21*, 541–548.
45. Zhu, A.Y.; von Zedtwitz, M.; Assimakopoulos, D.; Fernandes, K. The impact of organizational culture on Concurrent Engineering, Design-for-Safety, and product safety performance. *Int. J. Prod. Econ.* **2016**, *176*, 69–81.

46. Fernández, F.G.; Borjas, A.E.C. Equipos de trabajo: forma organizativa de la economía basada en el conocimiento. **2007**, 18.
47. Karningsih, P.D.; Anggrahini, D.; Imam Syafi, M. Concurrent Engineering Implementation Assessment: A Case Study in an Indonesian Manufacturing Company. *Procedia Manuf.* **2015**, 4, 200–207.
48. Amaya, C.L. Ingeniería Simultánea Un enfoque para reducir los tiempos de entrega, mejorar la calidad y disminuir los costos. **1999**, 12.
49. Millána, E.R.; Palmera, F.S.; Manguánb, M.C. The MEOW lunar project for education and science based on concurrent engineering approach. *Acta Astronaut.* **2018**, 148, 111–120.
50. Rodríguez-Ponce, E.; Pedraja-Rejas, L.; Delgado, M.; Rodríguez-Ponce, J. Gestión del conocimiento, liderazgo, diseño e implementación de la estrategia: un estudio empírico en pequeñas y medianas empresas. *Ingeniare Rev. Chil. Ing.* **2010**, 18, 373–382.
51. Deshpande, A. Concurrent Engineering, Knowledge Management, and Product Innovation. *J. Oper. Strateg. Plan.* **2018**, 1, 204–231.
52. Garcia, G.; Roser, X. Enhancing integrated design model-based process and engineering tool environment: Towards an integration of functional analysis, operational analysis and knowledge capitalisation into co-engineering practices. *Concurr. Eng.* **2018**, 26, 43–54.
53. Vaagen, H.; Kaut, M.; Wallace, S.W. The impact of design uncertainty in engineer-to-order project planning. *Eur. J. Oper. Res.* **2017**, 261, 1098–1109.
54. Johannesson, H.; Landahl, J.; Levandowski, C.; Raudberget, D. Development of product platforms: Theory and methodology. *Concurr. Eng.* **2017**, 25, 195–211.

55. Brevault, L.; Balesdent, M.; Defoort, S. Preliminary study on launch vehicle design: Applications of multidisciplinary design optimization methodologies. *Concurr. Eng.* **2018**, *26*, 93–103.
56. Jin, G.; Sperandio, S.; Girard, P. Management of the design process: Human resource evaluation in factories of the future. *Concurr. Eng.* **2018**, *26*, 313–327.